

5. При увеличении шага установки крепи при прочих равных условиях устойчивость выработки снижается, однако несколько уменьшаются и суммарные затраты.

Таким образом, полученный экономический эффект от внедрения крепи КШПУ-М 17,7 с дополнительным усилением 5 анкерами в кровле и набрызгбетоном составил 5,34 тыс. грн./п.м. или 201,8 тыс. дол./п.м. в ценах по состоянию на 01.01.2016 года, что безусловно заслуживает внимания с точки зрения эффективности предпринимаемых мер по сокращению себестоимости угольной продукции.

#### Список литературы

1. Шашенко А.Н. Устойчивость подземных выработок в неоднородном породном массиве: Дис... д-ра техн. наук: 05.15.04 / А.Н. Шашенко. – Днепропетровск, 1988. – 507 с.
2. ДБН Д.2.2-35-99. Сборник 35 Горнопроходческие работы: строительные нормы / НПФ «Инпроект», Управление реформирования ценообразования, методологии экспертизы и контроля стоимости строительства Госстроя Украины; – Действующий с 26-05-00. – К.: Госстрой Украины, 2000.
3. ДСТУ Б. Д.1.1-1:2013 Правила визначення вартості будівництва / НВФ «Инпроект» – Діючий з 01-01-14 2013. – К.: Мінрегіон України, 2013, 88с.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПУСТЫХ ПОРОД УГОЛЬНЫХ ШАХТ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ ПРИ КРЕПЛЕНИИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

*А.В. Солодянкин, С.Н. Гапеев, М.А. Выгодин, Государственное высшее учебное заведение  
«Национальный горный университет»,  
С.А. Воронин, С.В. Мкртчян, ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», Украина*

В статье представлена ресурсосберегающая технология обеспечения устойчивости капитальных выработок шахт Западного Донбасса на основе подземной переработки пород. Приведены результаты исследований прочностных свойств тампонажных смесей и торкрет-бетонных составов. Даны рекомендации по рациональным составам твердеющих смесей с заменой части заполнителя измельченной породой. Приведены результаты внедрения предложенной технологии на шахте им. Героев космоса.

**Введение.** Хозяйственная деятельность человека существенно влияет на окружающую среду, ухудшает экологическую ситуацию промышленно развитых территорий. Наибольшее отрицательное влияние на окружающую среду (экологию) оказывают отрасли промышленности, связанные с добычей и переработкой полезных ископаемых.

Например, на территории Донбасса более 200 лет производится добыча угля подземным способом. При этом из шахт извлекается большое количество пустой породы, которая складывается в отвалы. Ежегодный объем породы, выдаваемый угольными шахтами Украины на поверхность, только по Донбассу, составлял 14,4 млн. т. Породных отвалов на территории региона более 1500. Каждый из них занимает площадь от 20000 до 100000 м<sup>2</sup>, имеет высоту 50...100 м и более, а общая площадь, занимаемая отвалами составляет 700 га.

Отвалы угольных шахт горят, пылят, иногда радиоактивны. Породы в отвалах разрушаются, превращаются в пыль и являются одним из основных источников загрязнения атмосферы, поверхности почвы, грунтов, водоемов и подземных вод, ухудшения санитарного состояния городов и поселков. Кроме того, породные отвалы нарушают природный ландшафт земной поверхности, их склоны подвержены оползням и обвалам.

В то же время, одним из главных направлений повышения эффективности горных работ является совершенствование технологий проведения и поддержания протяженных горных выработок. Чрезвычайно актуальным этот вопрос является для шахт Западного Донбасса.

**Состояние вопроса.** Угледобывающий регион Западного Донбасса характеризуется очень

сложными горно-геологическими условиями отработки угольных пластов.

Вмещающие породы представлены аргиллитами и алевролитами (75-80%), песчаниками (до 20%). Отличительной особенностью месторождения является крепкий и вязкий уголь (коэффициент крепости по шкале Протодяконова  $f = 3 \dots 5$ ) и слабые породы – аргиллит и алевролит ( $f = 1,5 \dots 2,5$ ), которые относятся к категории неустойчивых и весьма неустойчивых. Кроме того, следует отметить наличие геологических нарушений, развитую трещиноватость, значительную потерю прочности пород при их увлажнении.

Это приводит к тому, что даже при относительно небольшой глубине разработки – 300...500 м, поддержание выработок представляет сложную задачу.

Преобладающим видом деформаций пород в магистральных выработках шахт является: вертикальная и горизонтальная конвергенция; деформирование стоек крепи; деформации и разрушение затяжки; пучение пород почвы различной интенсивности, что является причиной уменьшения сечения выработки до неудовлетворительного состояния, нарушения рельсового пути. На ряде шахт в выработках неоднократно выполняется подрывка почвы. Величина вертикальной конвергенции в выработках этих шахт достигает 1...1,5 метра. Имеют место прогибы пород в выработку со смятием и надвигом слоев, а также вывалы пород кровли высотой до 1 м.

Наиболее эффективным способом повышения устойчивости выработок и снижения затрат на их ремонт и поддержание в условиях шахт Западного Донбасса является тампонаж закрепного пространства и приконтурного массива пород с помощью нагнетания за крепь скрепляющих (тампонажных) растворов (цементного или цементно-песчаного). Опалубкой при нагнетании является железобетонная затяжка крепи. Для герметизации щелей между рамами крепи и затяжкой, а также между смежными затяжками используют торкретбетонные смеси.

В качестве вяжущего используется сульфатостойкий портландцемент марок 300 и 400. Заполнитель – мелкозернистый песок, содержащий 8...10 % глинистых частиц, благоприятно влияющих на тампонажные свойства раствора. Глубина тампонирующей зоны для выработок радиусом 2...3 м не превышает зоны интенсивной трещиноватости и составляет 1...1,5 м. Несмотря на значительную стоимость упрочнения пород, способ намного дешевле, чем ремонт и перекрепление выработок, а в ряде случаев является единственным средством сохранения эксплуатационного состояния выработок, снижения и полного предупреждения пучения пород почвы.

Продолжительное применение тампонажа позволило детально проработать вопросы выбора оборудования, технологии, организации работ, подбора материалов, рецептуры тампонажных смесей и др. Рассматривается также возможность применения набрызгбетонной крепи с набрызгом по металлической сетчатой затяжке взамен рамной металлической с железобетонной затяжкой.

Интенсификация горных работ, необходимость дальнейшего развития угледобычи за счет перехода на новые участки и горизонты, потребовало сооружения капитальных выработок, а также поддержания существующих, в том числе, за счет перекрепления ряда участков. Применение тампонажа закрепного пространства, как эффективного средства поддержания выработок, а также внедрение набрызгбетонной крепи возможны только при своевременной доставке большого объема материалов: цемента, песка и глины – для тампонажных растворов, цемента, щебня мелкой фракции, песка – для набрызгбетонных смесей.

В настоящее время производительность подъема по стволам, а также пропускная способность внутришахтного транспорта протяженных выработок на ряде шахт не позволяет обеспечить бесперебойную поставку требуемого количества всех компонентов тампонажных и набрызгбетонных композиций. Таким образом, ухудшение состояния протяженных выработок будет в большой степени зависеть от объемов доставки необходимого количества строительных материалов.

**Целью исследований**, результаты которых представлены в статье, является разработка новой ресурсосберегающей технологии крепления выработок с использованием породы, оставляемой в шахте, для приготовления твердеющих смесей.

**Материалы и результаты исследований.** Рассматриваемая проблема может быть решена за счет использования углевмещающих пород, подвергаемых дроблению в шахте в специальных дробильных комплексах и использования требуемых фракционных составов для приготовления тампонажных растворов, торкретбетонных (для механизированного пикотажа) и набрызгбетонных смесей.

Результаты ряда исследований, выполненных в направлении подбора рациональных составов растворов и экономии материальных ресурсов, свидетельствуют о том, что шахтная порода является эффективным заменителем песка и щебня при приготовлении твердеющих смесей, а слабометаморфизированные породы Западного Донбасса являются также хорошей пластифицирующей добавкой для тампонажных смесей и могут заменять часть дорогостоящего цемента.

Сотрудниками НГУ в сотрудничестве с инженерными работниками шахты была разработана технология дробления пород в шахтных условиях без выдачи ее на поверхность.

Технология предполагает использование участкового дробильного комплекса, расположенного в отдельной выработке или на участке выработки и включающий оборудование для приема, дробления, складирования и доставки породного материала к забоям проходимых капитальных выработок или к местам ремонта и укрепления.

Участковый дробильный комплекс состоит из малогабаритных дробилок, ленточных перегружателей (транспортеров), бункера и вагонеток глухих УВГ-3,3 или с донной разгрузкой УВД-2,5 (ВД-3,3), что позволяет располагать его в пределах поперечного сечения двухпутевой выработки (либо на уширении однопутевой) с соблюдением требуемых Правилами безопасности зазоров и ширины прохода для людей.

В качестве дробилки предварительного измельчения породы используется дробилка щекового типа. Для второй стадии дробления и получения исходного сырья тампонажных и торкрет/набрызгбетонных смесей может использоваться дробилка валкового типа.

Разработаны составы твердеющих смесей на основе углевмещающих пород, в качестве которых предлагаются следующие [1-4].

Для тампонажа с использованием породы фракции менее 1,6 мм состава Цемент: Порода: Песок = 1 : 2 : 1, что также обеспечивает достаточную пластичность смеси, проникающие способности раствора и прочность  $\sigma_{сж}$  до 12,5 МПа. Введение суперпластификатора вместе с водой затворения в количестве 0,6 % от массы цемента снижает водопотребность тампонажного раствора.

Для выполнения работ по набрызгбетонированию по металлической затяжке состав Цемент : Порода : Песок = 1 : 2,25 : 0,75 при В/Ц = 0,5, (прочность на сжатие  $\sigma_{сж}$  до 18,0 МПа) при применении дробленой породы всех фракций кроме фракции менее 1,6 мм. При этом данный состав не рекомендуется применять в чистом виде для изготовления несущих конструкций при высокой нагрузке на крепь. Тем не менее, высокая степень механизации приготовления и нанесения этого материала позволяет применять его в качестве материала для заполнения закрепного пространства, не требующего высокой прочности, а также наружного слоя набрызгбетонной комбинированной крепи, несущего функции пластичного изолирующего закрепного материала.

Для торкретирования целесообразно использовать смесь состава Цемент : Порода : Песок = 1 : 2 : 1 при В/Ц = 0,45 с заменой фракции породы менее 1,6 мм на песок. Максимально возможная прочность торкрет-бетона в этом случае составит  $\sigma_{сж}$  до 16-20 МПа

В настоящее время предложенная технология внедряется на ПСП «Шахта им. Героев космоса». Для измельчения пород авторами предложена технологическая схема дробления породы (рис. 1), включающая следующие этапы и оборудование.

Порода с размерами куска 300×300 мм, поступающая от проходки горных выработок, по скважине загружается в приемную воронку (1). С помощью пластинчатого питателя (2) порода подается в дробилку (3) щекового типа ДЩ-350-400, где она проходит дробление до фракции 5...25 мм. После этого порода поступает в дробилку валкового типа ДВ-270-200,

где она перерабатывается до фракции 0,05...5 мм и загружается в мешки или порожние вагонетки. Стоимость участкового дробильного комплекса – 300 000 грн.

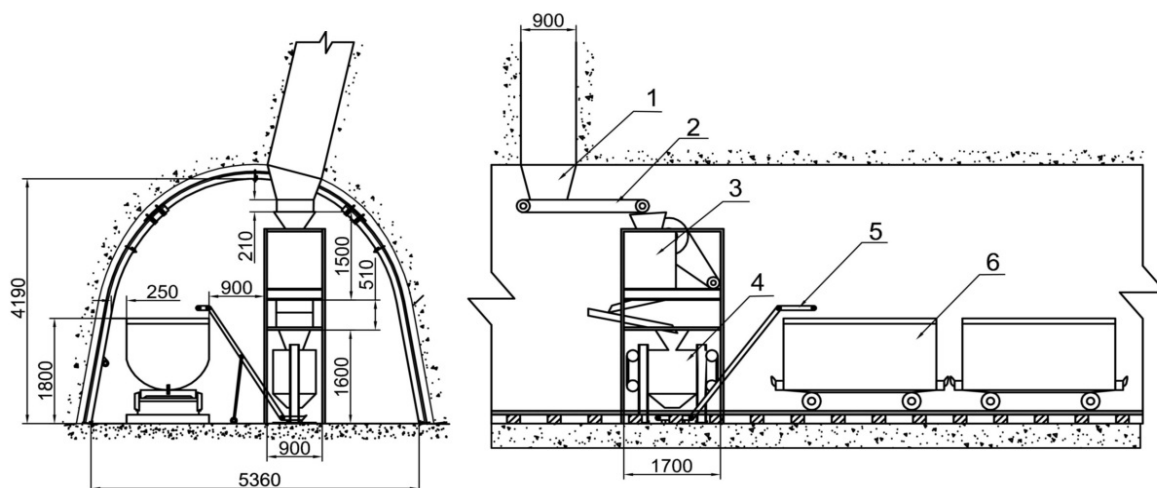


Рис. 1. Технологическая схема дробления породы в шахте: 1 – приемная воронка, 2 – пластинчатый питатель, 3 – дробилка щекового типа ДЩ-350-400, 4 – дробилка валкового типа ДВ-270-200, 5 – транспортер жолобобразный ЛТ, 6 – порожняя вагонетка ВГ-3,3

Крепление и тампонаж капитальных горных выработок тампонажным раствором и торкрет-бетоном производится с помощью насоса НБ-50, растворосмесителя на базе вагонетки ВГ-3.3 с активатором и торкрет-установки АС-1. Измельченная порода к месту приготовления смеси доставлялась в вагонетках (рис. 2). Торкретирование осуществляется «сухим» способом (рис. 3, 4).



Рис. 2. Доставка измельченной породы к месту приготовления смеси



Рис. 3. Процесс нанесения торкрет-бетонного состава с породным заполнителем

Использование торкретбетонных смесей при механизированном пикетаже железобетонной затяжки на экспериментальном участке капитальной выработки ПСП «Шахта им. Героев космоса» показало хорошие результаты. Торкрет-пикетаж спустя 3 месяца после торкретирования не имел трещин, обладал хорошей адгезией с железобетонной затяжкой и элементами крепи, служит антикоррозийной оболочкой для металлических элементов крепи. В ходе обследования экспериментального участка выработки было установлено, что предложенная технология и состав торкрет-бетона с использованием шахтной породы является работоспособной и имеет большие перспективы внедрения на

шахтах со сложными горно-геологическими условиями и проблемами, связанными с доставкой строительных материалов к участкам по проходке и ремонту выработок.

Длина горной выработки, в которой были выполнены работы по торкретированию и упрочнению приконтурного массива пород тампонажным раствором с использованием пустых пород, составила 630 м. Площадь поперечного сечения выработки 17,7 м<sup>2</sup>. Объем торкретбетона, нанесенного на стенки выработки, составил 0,125 м<sup>3</sup> на 1 метр выработки, где 113 кг песка заменялись породой. Объем тампонажного раствора, закачиваемого в приконтурный породный массив, составляет 1,8 м<sup>3</sup> на 1 метр выработки, где 1660 кг песка может быть заменено измельченной породой.



Рис. 4. Вид торкрет-бетонного покрытия на основе измельченной породы взамен части песка

Таким образом, общее количество пустой породы, которая может быть использована для приготовления торкретбетона и тампонажного раствора составляет 1770 кг на 1 м выработки. Это позволит получить экономию средств на закупке песка; снизит транспортные расходы на перевозку породы в отвалы и сохранит площади, запланированные для породных отвалов.

Объем проведения капитальных выработок на шахте им. Героев космоса составляет свыше 5 км в год. Кроме того, тампонаж закрепного пространства с применением твердеющих смесей используют также при ремонте и перекреплении выработок. Протяженность участков ремонтируемых капитальных выработок составляет 1,2 км в год. Таким образом, только на одной шахте протяженность выработок, где могут применяться твердеющие смеси на основе пустой породы, составляет 6,7 км в год. В целом, по компании ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», в которую входит 10 шахт, протяженность таких выработок составит 65...67 км в год.

Другим направлением повышения устойчивости капитальных выработок предполагается применение набрызгбетона толщиной до 15 см. Это составит объем его применения 1,7 м<sup>3</sup> на 1 м выработки, с заполнителем из породы в количестве 2000 кг.

Вмещающие породы на всех шахтах Западного Донбасса представлены в основном аргиллитами и алевролитами (75...80%) и их объемов хватит для приготовления требуемого объема твердеющих смесей.

**Выводы.** Комплекс исследовательских и опытных работ, выполненных на ПСП «Шахта имени Героев космоса» показало, что использование измельченные шахтных пород (аргиллиты и алевролиты) для замены части песка, глины и мелкого щебня при производстве тампонажных растворов, торкрет- и набрызгбетонных смесей технологически целесообразно, экономически эффективно и имеет большие перспективы для повышения устойчивости выработок шахт Западного Донбасса.

Разработанная технология использования пустых пород имеет следующие преимущества.

1. Экологические – снижает опасное влияние на окружающую среду за счет сокращения выбросов опасных газов и пыли, что снижает негативное влияние на природный ландшафт территорий, занимаемы породными отвалами и карьерами, уменьшает загрязнение грунтов, водоемов и подземных вод.

2. Экономические – позволяет эффективно использовать земельные и природные ресурсы (песок, щебень, глину), уменьшает расходы на закупку материалов, снижает транспортные расходы на перевозку промышленных отходов и строительных материалов.



3. Социальные – благотворно влияет на состояние здоровья людей, проживающих вблизи горнодобывающих предприятий (карьеры и шахты).

4. Технологические – позволяет своевременно обеспечить материалами горные работы, снижает грузопоток по стволу и протяженным выработкам за счет уменьшения объема выдаваемой из шахты породы, повышает сохранность подземных выработок шахт

#### Список литературы

1. Коваленко В.В., Гаркуша В.С. Особенности использования шахтной породы в качестве замены части заполнителя при приготовлении торкретбетона // Уголь Украины. – 2014. – № 12. – С. 38-42.

2. Коваленко В.В., Гаркуша В.С. Исследование физико-механических характеристик торкрет-бетонных составов на основе пустой породы // «Форум горняков»: Материалы международной конференции. Том 2. – Днепропетровск: ООО «Лизунов Пресс». – 2014. – С. 130-138.

3. Гаркуша В.С. Торкрет-бетонні суміші на основі відходів добування кам'яного вугілля для кріплення гірничих виробок // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2015. – № 3. – С. 17-23.

4. Тампонажные и торкрет-бетонные смеси для крепления капитальных выработок угольных шахт / А.В. Солодянкин, М.А. Выгодин, В.С. Гаркуша и др. // Гірничий вісник Криворізького національного університету. – Вип. – 2015. – С. 111-116.

### РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

*А.В. Солодянкин, С.Н. Гапеев, М.А. Выгодин, Государственное высшее учебное заведение  
«Национальный горный университет»,*

*С.А. Воронин, В.Г. Снигур, С.В. Мкртчян, ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», Украина*

На основе анализа литературных источников и натурных наблюдений выделены основные направления повышения устойчивости капитальных горных выработок для условий шахт Западного Донбасса. Рассмотрены проблемные моменты технологии тампонажа закрепного пространства и предложены варианты их решения. Рекомендации и технические решения прошли опытно-промышленное внедрение, показав хорошие результаты и качество работ.

**Введение.** Интенсификация горных работ на шахтах ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» направлена на повышение объемов добычи угля, что требует реализации комплекса мероприятий, обеспечивающих надежное и эффективное выполнение всех операций технологического цикла, в том числе обеспечения устойчивости протяженных выработок. Однако эта задача усложняется тяжелыми горно-геологическими условиями Западного Донбасса, в частности наличием слабометаморфизированных вмещающих пород и их склонностью к размоканию с потерей несущей способности; ярко выраженной тонкослоистой текстурой массива пород, слабым контактом между слоями пород (в отдельных случаях отсутствием его); интенсивным пучением пород почвы, расслоением и обрушением пород кровли [1].

Анализ состояния протяженных горных выработок показывает, что влияние горного давления не в полной мере компенсируется установкой крепи и сохранение выработок в удовлетворительном состоянии достигается лишь благодаря регулярному проведению ремонтных работ. Для уменьшения или полного исключения этих работ необходимо применение эффективных способов поддержания горных выработок.

Для условий Западного Донбасса основными направлениями повышения устойчивости выработок являются: рациональное расположение очистных и подготовительных выработок; разработка новых и совершенствование традиционных конструкций крепей; вовлечение окружающего выработку породного массива в совместную работу с крепью.

Опыт сооружения и эксплуатации шахт в сложных горно-геологических условиях